

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2003-016624

(43)Date of publication of application : 17.01.2003

(51)Int.Cl. G11B 5/66  
 G11B 5/65  
 G11B 5/738  
 H01F 10/16  
 H01F 10/32

(21)Application number : 2001-195695

(71)Applicant : HITACHI LTD

(22)Date of filing : 28.06.2001

(72)Inventor : HIRAYAMA YOSHIYUKI  
 SUZUKI HIROYUKI  
 KATAOKA HIROYUKI  
 YAKU YOTSUO  
 KANBE TETSUYA

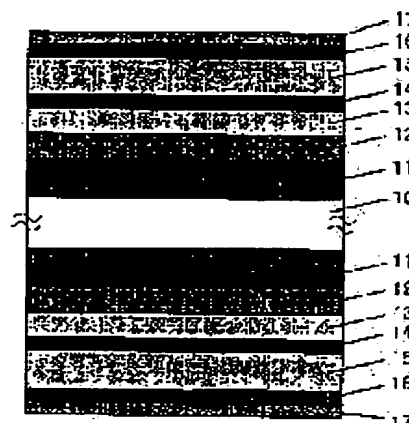
## (54) MAGNETIC RECORDING MEDIUM AND MAGNETIC STORAGE DEVICE USING THE SAME

## (57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a magnetic recording medium which has high thermal stability of recording bits, high record resolution and small medium noise and which is suitable for high density recording.

SOLUTION: The magnetic recording medium has at least two magnetic layers and a nonmagnetic intermediate layer held between the magnetic layers. A first magnetic layer at a side nearer than the nonmagnetic intermediate layer to a substrate is constituted of an alloy film which is consisting of Co, Pt and Cr as alloy components and further Pt content is 3 at.% to 9 at.%. A second magnetic layer at a side farther than the nonmagnetic intermediate layer to the substrate is constituted of an alloy film which contains Pt, Cr and B and is consisting essentially of Co. Magnetization directions of the first magnetic layer and the second magnetic layer are in antiparallel to each other in a state where no applied magnetic field exists. Accordingly the magnetic recording medium of this invention has an effect to reduce the medium noise while maintaining thermal stability of recording bits in comparison with conventional magnetic recording media. By using the magnetic recording medium of this invention, a magnetic storage device which can record/reproduce high density information and has high reliability can be provided.

図 1



10 ..... 基板  
 11, 11' ... シード層  
 12, 12' ... 下地層  
 13, 13' ... 第1の磁性層  
 14, 14' ... 非磁性中間層  
 15, 15' ... 第2の磁性層  
 16, 16' ... 保護層  
 17, 17' ... 潤滑層

## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

27.02.2006

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than

the examiner's decision of rejection or  
application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision  
of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's  
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号  
特開2003-16624  
(P2003-16624A)

(43)公開日 平成15年1月17日(2003.1.17)

(51)Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	テマコード <sup>*</sup> (参考)
G 1 1 B	5/66	G 1 1 B	5 D 0 0 6
	5/65		5 E 0 4 9
	5/738		
H 0 1 F	10/16	H 0 1 F	10/16
	10/32		10/32
審査請求 未請求 請求項の数 8 O L (全 14 頁)			

(21)出願番号 特願2001-195695(P2001-195695)

(22)出願日 平成13年6月28日(2001.6.28)

(71)出願人 000005108  
株式会社日立製作所  
東京都千代田区神田駿河台四丁目6番地  
(72)発明者 平山 義幸  
東京都国分寺市東荏ヶ窪一丁目280番地  
株式会社日立製作所中央研究所内  
(72)発明者 鈴木 博之  
神奈川県小田原市国府津2880番地 株式会  
社日立製作所ストレージ事業部内  
(74)代理人 100075096  
弁理士 作田 康夫

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 磁気記録媒体及びそれを用いた磁気記憶装置

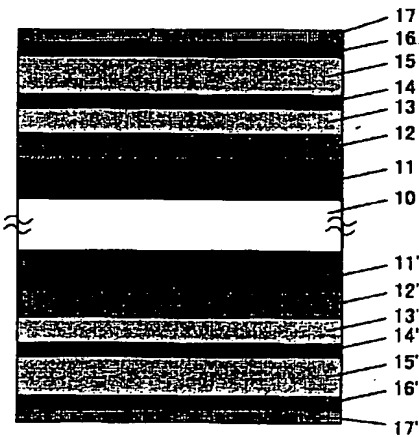
(57)【要約】

【課題】記録ビットの熱的安定性および記録分解能が高く、かつ媒体ノイズが小さな高密度記録に適した磁気記録媒体を提供する。

【解決手段】少なくとも2層の磁性層と前記磁性層に挟まれた非磁性中間層とを有し、前記非磁性中間層より基板に近い側の第1の磁性層を合金成分としてCoとPtとCrをからなり、かつPt含有量が3at%~9at%である合金膜で構成し、前記非磁性中間層より基板から遠い側の第2の磁性層をPt、Cr及びBを含有しCoを主たる成分とする合金膜で構成し、前記第1の磁性層と前記第2の磁性層の磁化方向が印加磁界の存在しない状態で互いに反平行である磁気記録媒体を用いる。

【効果】従来の磁気記録媒体に対して、記録ビットの熱的安定性を維持しながら媒体ノイズを低減する効果を持つ。本発明の磁気記録媒体を用いることにより、高密度な情報の記録再生が可能で信頼性の高い磁気記憶装置の提供が可能となる。

図 1



10 ..... 基板  
11, 11' ... シード層  
12, 12' ... 下地層  
13, 13' ... 第1の磁性層  
14, 14' ... 非磁性中間層  
15, 15' ... 第2の磁性層  
16, 16' ... 保護層  
17, 17' ... 潤滑層

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】基板と、該基板上に形成された下地層と、該下地層上に形成されたCoとPtとCrからなる第1の磁性層と、該第1の磁性層上に形成されRu、Ir、Rhからなる群から選ばれた少なくとも1種の元素を含む非磁性中間層と、該非磁性中間層上に形成されたCoを主成分とする第2の磁性層とを有し、前記第1の磁性層と前記第2の磁性層の磁化方向は外部磁界の存在しない状態で互いに反平行であり、前記第1の磁性層のPt含有量は3at%以上9at%以下であることを特徴とする磁気記録媒体。

【請求項2】基板と、該基板上に下地層を介して形成された記録層とを備えた磁気記録媒体において、前記記録層は、Ptを含有し前記下地層に接して形成された第1の磁性層と、第2の磁性層と、前記第1の磁性層と第2の磁性層との間に形成された非磁性中間層とを有し、前記第1の磁性層と前記第2の磁性層の磁化方向は外部磁界の存在しない状態で互いに反平行であり、前記第1の磁性層のPt含有量は3at%以上9at%以下であることを特徴とする磁気記録媒体。

【請求項3】請求項1に記載の磁気記録媒体において、前記下地層はCr及びTiとを含有することを特徴とする磁気記録媒体。

【請求項4】請求項3に記載の磁気記録媒体において、前記下地層は更にBを含有することを特徴とする磁気記録媒体。

【請求項5】請求項1に記載の磁気記録媒体において、前記非磁性中間層の膜厚は0.3nm～0.9nmであることを特徴とする磁気記録媒体。

【請求項6】請求項3に記載の磁気記録媒体において、前記Cr及びTiとを含有する下地層と前記基板との間に形成された非晶質構造または微結晶構造の金属膜を有することを特徴とする磁気記録媒体。

【請求項7】請求項6に記載の磁気記録媒体において、前記非晶質構造または微結晶構造を有する金属膜はTaおよびNiを含有する合金であることを特徴とする磁気記録媒体。

【請求項8】磁気記録媒体と、磁気記録媒体を駆動する駆動部と、記録部と再生部からなる磁気ヘッドと、磁気ヘッドを前記磁気記録媒体に対して相対運動させる手段と、磁気ヘッドへの信号入力手段と磁気ヘッドからの出力信号再生を行なうための記録再生信号処理手段とを有し、前記磁気ヘッドの再生部が巨大磁気抵抗効果素子あるいは磁気抵抗効果を示すトンネル接合膜を備え、前記磁気記録媒体は請求項1から7のいずれか1項に記載の磁気記録媒体であることを特徴とする磁気記憶装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、大容量の情報記録が可能な磁気記録媒体および磁気記憶装置に係わり、特に高密度磁気記録に好適な磁気記録媒体およびこれを用

いた磁気記憶装置に関する。

## 【0002】

【従来の技術】情報化社会の進行により日常的に扱う情報量が増加し、これに伴って磁気記憶装置に対する大容量化の要求が強くなっている。これに対応すべく、高感度の磁気ヘッドと低ノイズの磁気記録媒体の両面からの開発が精力的に行われている。磁気記録媒体に関しては、磁性膜として従来用いられてきたCo-Cr-Pt、Co-Cr-Ta、あるいはCo-Cr-Pt-Taなどの合金膜に代わる材料として、特開平4-221418号公報には、高記録密度化に対応し保磁力を高める目的でCo合金磁性層に少なくともPtとBを含んでいる磁気記録媒体が提案されている。また、特開平9-293227号公報にはCr-Mo下地膜とCo-Cr-Pt-B磁性膜を組み合わせた磁気記録媒体が報告され、下地膜材料や磁性膜材料の改良が媒体の低ノイズ化の有力な手段となっている。一方、低ノイズ化を進めるために磁性層の粒子サイズの低減が図られており、その結果として記録ビットが熱的に不安定になるという問題が生じている。この問題を回避するためには磁性膜の磁気異方性を増加させることが考えられるが、記録ヘッドの書き込み磁界によってその上限が押さえられてしまう。記録ビットの熱的安定性を向上し媒体ノイズを低減する方法として、特開2001-56924号公報及び特開2001-148110号公報には、少なくとも2つの磁性層が非磁性結合層を介して反強磁性的に結合された構成の記録層が基板上に形成された磁気記録媒体が提案されており（以下、この媒体を「反強磁性結合媒体」と呼ぶ）。このような反強磁性結合は、膜厚0.4～1.0nmのRuなどの非磁性金属膜を非磁性結合層として用いることで実現されている。反強磁性結合媒体は印加磁界がゼロの状態では非磁性結合層を挟む2つの磁性層の磁化方向が互いに反平行となるため、膜厚を大きく保持したまま残留磁束密度を低く抑えることができる。そのために熱的安定性を維持しながら高密度の記録が可能になる。このように反強磁性結合媒体は熱的安定性と記録分解能に関しては大幅な向上が見込めるが、媒体ノイズに関しては必ずしも特性向上が見込めない。残留磁束密度を低く抑えた媒体について、熱揺らぎによる再生出力の低減を抑えることで結果的にS/Nを向上させることは可能であるが、媒体ノイズの大幅な低減は達成できていない。本発明の目的は、高い面記録密度を有する磁気記録再生装置を実現するために適した、熱揺らぎに強く、記録分解能が高く、さらに媒体ノイズが小さい反強磁性結合媒体を提供することにある。

## 【0003】

【課題を解決するための手段】上記の目的は、上記の反強磁性結合媒体の磁性層に関して、Ruなどからなる非磁性中間層より基板に近い側の第1の磁性層を、Coを主たる成分としPt及びCrを含有しかつPt含有量が3at%以上9at%以下である合金膜で構成し、前記非磁性中間層より基板から遠い側の第2の磁性層をCoを主たる成分とする合

金膜で構成することより達成される。また、上記第1の磁性層に隣接する下地層としてTiを含有しCrを主たる成分とする合金膜を用いることで媒体ノイズの低減が達成できる。さらに、上記Tiを含有しCrを主たる成分とする合金膜にBを含有させることにより、媒体ノイズの低減効果がより顕著に現れる。前記磁性層及び前記非磁性中間層が(11.0)配向した六方最密構造を有することが望ましい。また、基板と下地層の間にシード層として非晶質または微結晶の金属膜を設けると磁性層の配向を強めることができ、媒体ノイズを更に低減できる。上記の磁気記録媒体と、これを記録方向に駆動する駆動部と、記録部と再生部から成る磁気ヘッドと、上記磁気ヘッドを上記磁気記録媒体に対して相対運動させる手段と、上記磁気ヘッドへの信号入力と該磁気ヘッドからの出力信号再生を行うための記録再生信号処理手段を有する磁気記憶装置において、前記磁気ヘッドの再生部を巨大磁気抵抗効果素子あるいは磁気抵抗効果トンネル接合膜で構成することにより、高記録密度における十分な信号強度を得ることができ、高い記録密度を持った信頼性の高い磁気記憶装置を実現することができる。

#### 【0004】

【発明の実施の形態】＜実施例1＞図1は本発明の磁気記録媒体に関して一実施形態を表した断面構造図である。基板10として、厚さ0.635mm、直径65mmの表面を化学強化したガラスを用いた。この基板を洗浄後、インテバック（Intevac）社製の枚葉式スパッタリング装置（MDP250B）を用いて、以下の多層膜を形成した。このスパッタリング装置のチャンバ構成あるいはステーション構成は図2に示す。まず、基板10の上にNi-37.5at%Ta合金からなるシード層11及び11'を膜厚30nm、Cr-20at%Ti合金からなる下地層12及び12'を膜厚5nm、Co-19at%Cr-6at%Pt合金からなる第1の磁性層13及び13'を膜厚2.7nm～3.9nm、Ruからなる非磁性中間層14及び14'を膜厚0.5nm、Co-18at%Cr-14at%Pt-8at%B合金からなる第2の磁性層15及び15'を膜厚13nm～16nm、更にカーボン保護層16及び16'を膜厚4nm形成した。Ni-37.5at%Ta合金からなるシード層が微結晶構造を有していることはX線により確認した。各膜の形成時のアルゴン（Ar）ガス圧はすべて0.9Paとした。成膜中のメインチャンバ31でモニタした酸素分圧はおよそ $1 \times 10^{-7}$ のマイナス7乗～ $1 \times 10^{-6}$ のマイナス6乗Paであった。シード膜は基板を加熱しない状態でシード膜形成室22で形成し、加熱室23でランプヒーターにより270℃まで加熱しながら99%Ar-1%O<sub>2</sub>混合ガスの圧力1.2Pa（ガス流量27sccm）の雰囲気中に5秒間曝し、その後その上に上記各膜を下地膜形成室24、磁性膜形成室26、非磁性中間層形成室27、磁性膜形成室28、保護膜形成室29及び29'で順に形成した。ここで上記カーボン保護層まで形成した後、有機系の潤滑剤を塗布して潤滑層17及び

17'を形成した。第1の磁性層の膜厚 $t_{mag1}$ 及び第2の磁性層の膜厚 $t_{mag2}$ を表1に示すように設定して6種類のサンプルを作製した（サンプル番号4401A～4409A）。

＜比較例1＞下地層12及び12'として膜厚5nmのCr-20at%Ti合金膜と膜厚3nmの六方最密構造のCo-40at%Ru合金膜をこの順に積層した構造を形成し、第1の磁性層13及び13'としてCo-16at%Cr-12at%Pt-8at%B合金膜（サンプル番号4101A～4109A）、Co-22at%Cr-10at%Pt-4at%B合金膜（サンプル番号3006A～3009A）、Co-22at%Cr-12at%Pt-4at%B合金膜（サンプル番号2611A～2614A）、Co-22at%Cr-14at%Pt-4at%B合金膜（サンプル番号2910A～2913A）、あるいはCo-18at%Cr-8at%Pt-2at%Ta合金膜（サンプル番号6003B～6007B）を形成した以外は上記実施例1と同じ膜構成及び成膜条件で作製した磁気記録媒体を比較例1とした。下地層に用いたCo-40at%Ru合金膜は上記実施例1では膜形成を行わなかった下地膜形成室25において形成した。各サンプルの第1の磁性層の膜厚 $t_{mag1}$ と第2の磁性層の膜厚 $t_{mag2}$ は表1に示す。本比較例の磁性層の組合せにおいて、Co-40at%Ru合金膜を用いずにCo-20at%Ti合金膜に隣接させて第1の磁性層を形成した場合、すなわち実施例1の下地層と同じ構成にした場合、保磁力と角形比が非常に小さく磁気記録媒体として使用可能な特性を有さなかった。この場合の磁性層及び非磁性中間層の結晶配向をX線回折法で調べたところ明確な結晶配向がなかった。そこで本比較例ではCo-40at%Ru合金膜を下地層に用いることにした。

＜比較例2＞下地層12及び12'として膜厚5nmのCr-15at%Ti合金膜と膜厚3nmのCr-16at%Mo合金膜をこの順で積層した構造を形成し、第1の磁性層13及び13'としてCo-16at%Cr-6at%Pt-8at%B合金膜（サンプル番号5702A～5707A）、Co-19at%Cr-6at%Pt-8at%B合金膜（サンプル番号5703B～5707B）、Co-22at%Cr-6at%Pt-8at%B合金膜（サンプル番号5803A～5808A）、Co-12at%Cr-6at%Ta合金膜（サンプル番号5604A～5607A）、あるいはCo-16at%Cr-8at%B合金膜（サンプル番号5802B～5807B）を形成した以外は上記実施例1と同じ膜構成および成膜条件で作製した磁気記録媒体を比較例2とした。下地層に用いたCr-16at%Mo合金膜は上記実施例1では膜形成を行わなかった下地膜形成室25において形成した。各サンプルの第1の磁性層の膜厚 $t_{mag1}$ と第2の磁性層の膜厚 $t_{mag2}$ は表1に示す。なお、本比較例においても比較例1と同じ理由により、Cr-15at%Ti合金膜と第1の磁性層の間にCr-16at%Mo合金膜を用いた。ただし、磁性層との格子整合性を考慮してCo-40at%Ru合金膜ではなくCr-16at%Mo合金膜を選んだ。

#### 【0005】

#### 【表1】

表1

第1の磁性層の組成	サンプル 番号	t <sub>mag1</sub> (nm)	t <sub>mag2</sub> (nm)	Br <sub>t</sub> (T·nm)	H <sub>cr</sub> (kA/m)	Hex (kA/m)	Smf/Sif (%)	Sif/Nd (dB)
Co-19at%Cr-6at%Pt	4401A	3.9	14.0	3.50	325	-52	51.4	24.6
	4402A	3.3	14.0	3.78	313	-58	50.5	24.4
	4406A	2.7	16.0	4.73	319	-75	49.2	24.2
	4407A	2.7	15.0	4.26	312	-67	49.9	24.5
	4408A	2.7	14.0	3.88	297	-58	49.9	24.5
	4409A	2.7	13.0	3.52	282	-50	50.6	24.6
Co-16at%Cr-12at%Pt-8at%B	4101A	4.6	13.0	2.37	276	-26	54.5	23.3
	4102A	3.0	13.0	3.11	280	-49	52.3	23.6
	4107A	3.8	15.0	3.71	306	-39	50.6	23.6
	4108A	3.8	14.0	3.42	293	-39	51.8	23.5
	4109A	3.8	13.0	2.74	275	-36	52.6	23.6
Co-22at%Cr-10at%Pt-4at%B	3006A	3.7	12.9	3.68	305	-51	50.0	23.7
	3007A	3.7	15.2	4.43	328	-42	50.0	23.2
	3008A	3.7	16.6	4.78	345	-43	48.4	23.2
	3009A	3.7	18.4	5.54	347	-42	47.9	23.2
Co-22at%Cr-12at%Pt-4at%B	2611A	3.7	14.8	3.66	305	-49	51.8	22.9
	2612A	3.7	16.7	4.15	330	-51	50.5	22.8
	2613A	3.7	18.5	4.83	333	-48	49.1	22.7
	2614A	3.7	20.4	5.30	332	-45	48.4	22.3
Co-22at%Cr-14at%Pt-4at%B	2910A	3.7	12.9	3.53	288	-57	50.8	23.4
	2911A	3.7	15.2	4.37	315	-50	50.4	23.3
	2912A	3.7	16.6	4.71	327	-48	49.1	23.1
	2913A	3.7	18.4	5.36	331	-43	48.8	22.7
Co-18at%Cr-8at%Pt-2at%Ta	6003B	6.0	14.5	2.86	283	-35	52.1	23.4
	6004B	4.0	14.5	3.85	283	-51	51.1	23.3
	6006B	5.0	16.0	3.84	297	-41	50.0	23.2
	6007B	5.0	14.5	3.28	286	-42	51.2	23.3
Co-16at%Cr-6at%Pt-8at%B	5702A	5.5	14.5	3.39	306	-34	51.1	23.6
	5703A	4.5	14.5	3.92	306	-45	51.4	23.6
	5706A	3.5	16.0	4.87	312	-56	49.5	23.0
	5707A	3.5	14.5	4.43	305	-50	50.1	23.2
Co-19at%Cr-6at%Pt-8at%B	5703B	7.0	14.5	3.45	280	-37	50.8	23.5
	5704B	5.0	14.5	4.04	282	-48	50.7	23.3
	5706B	6.0	16.0	4.23	297	-42	50.0	23.2
	5707B	6.0	14.5	3.67	278	-43	50.0	23.7
Co-22at%Cr-6at%Pt-8at%B	5803A	7.0	14.5	4.22	260	-45	48.7	23.2
	5806A	6.0	16.0	4.79	278	-68	47.6	22.9
	5807A	6.0	14.5	4.51	271	-61	47.5	23.3
	5808A	6.0	13.0	3.86	253	-47	48.6	23.5
Co-12at%Cr-6at%Ta	5604A	3.0	14.5	4.18	372	-61	50.7	22.9
	5605A	2.0	14.5	4.67	368	-80	50.8	23.0
	5606A	4.0	16.0	4.37	388	-31	49.9	23.0
	5607A	4.0	14.5	3.95	380	-26	50.4	23.0
Co-16at%Cr-8at%B	5802B	6.0	14.5	2.64	273	-36	51.1	23.5
	5803B	5.0	14.5	3.24	268	-40	51.1	23.5
	5806B	4.0	16.0	4.26	289	-47	49.4	23.1
	5807B	4.0	14.5	3.82	272	-52	50.0	23.2

【0006】表1に実施例1、比較例1及び比較例2に記載した媒体の磁気特性および記録再生特性を示す。ここで磁気特性は以下に記載の方法により評価した。測定には試料振動型磁力計を用いた。サンプル温度を25℃に設定し、磁界を膜面に平行な方向に最大800kA/m(10キロエルステッド)まで印加し、約24分の時間で磁界を800kA/mから-800kA/mまで変化させて磁化曲線を測定した。図3に本実施例に記載した媒体について測定された磁化曲線の一例を示す。磁化曲線32において印加磁界ゼロにおける磁気モーメントを測定サンプルの膜面積で除算することで、磁性層の総膜厚 $t$ と残留磁束密度 $Br$ との積 $Br_t$ を求めた。また、磁化曲線32において磁界を800kA/mから約50kA/mに戻した時点で磁化の急激な減少が見られる。これは第1の磁性層の磁化反転に対応する変化であり、第2の磁性層との反強磁性的な交換結合が作用して正の磁界で磁化反転が生じている。磁界ゼロの残留磁

化状態においては、第1の磁性層の磁化反転はほぼ完了しており、第1の磁性層と第2の磁性層の磁化方向は互いに反平行となっている。反強磁性結合媒体にとって2つの磁性層の磁化方向が互いに反平行になっていることが残留磁化を低く抑えて高い記録分解能を得るために重要であるので、これを数値として評価するために、上記第1の磁性層の磁化反転に対応する磁界、すなわち第1の磁性層と第2の磁性層の結合磁界 $Hex$ を各サンプルについて求めた。ここで $Hex$ は負の値のときを反強磁性結合と定義した。また、記録ビットの熱的安定性とヘッドによる記録の容易さを判断する目安とするために、第2の磁性層の磁化反転に対応する磁界、すなわち第2の磁性層の保磁力 $H_{cr}$ を各サンプルについて求めた。 $Hex$ 及び $H_{cr}$ は図3に示すように、磁化曲線32を第1の磁性層からの寄与33と第2の磁性層からの寄与34に分離したときに、それぞれの磁性層の磁化がゼロになる磁界として求めた。磁

化曲線の分離は印加磁界を下げていったときにゼロ磁界の前で見られる磁化の急激な減少がすべて第1の磁性層の磁化反転によるものと仮定して計算した結果である。磁化曲線の分離が難しいときには、図4に示すように磁化曲線を1次微分して求めた曲線40がピークを示す磁界の値から $H_{ex}$ 及び $H_{cr}$ を求めることができる。さらに、 $H_{cr}$ に関しては残留磁化曲線を測定して残留保磁力を求めても同様の値が得られる。記録再生特性はシールドギャップ長 $G_s$ を $0.09\mu m$ 、トラック幅 $T_{wr}$ を $0.33\mu m$ とした巨大磁気抵抗効果を利用した再生素子と、ギャップ長を $0.14\mu m$ 、トラック幅を $0.48\mu m$ とした電磁誘導型書き込み素子からなる磁気ヘッドを用いて測定した。媒体 $S/N$ は $790\text{fr/mm}$  ( $20\text{kFCI}$ ) の線記録密度における孤立波再生出力 $S_{lf}$ と $24800\text{fr/mm}$  ( $631\text{kFCI}$ ) の線記録密度での媒体ノイズ $N_d$ の比 $S_{lf}/N_d$ で評価した。また、記録分解能は $S_{lf}$ に対する $12400\text{fr/mm}$  ( $315\text{kFCI}$ ) における再生出力 $S_{mf}$ の比 $S_{mf}/S_{lf}$ によって評価した。この $S_{lf}/N_d$ 及び $S_{mf}/S_{lf}$ が大きいほど、その媒体がより高い記録密度に対応可能な性能を有すると判断できる。本発明の目的である媒体ノイズの低減は $S_{lf}/N_d$ の増大で判断できる。表1のすべてのサンプルについて結合磁界 $H_{ex}$ は負の値を示し、非磁性中間層を挟んだ2つの磁性層の磁化方向が印加磁界ゼロにおいて互いに反平行であることが確認できた。これらのサンプルについて測定した保磁力 $H_{cr}$ 、分解能 $S_{mf}/S_{lf}$ 及び $S_{lf}/N_d$ を $Br_t$ に対してプロットした結果をそれぞれ図5、図6及び図7に示す。 $H_{cr}$ 及び $S_{mf}/S_{lf}$ に関しては実施例1の場合に特別の効果を示していないが、 $S_{lf}/N_d$ に関しては実施例1の場合、すなわち $\text{Co-19at\%Cr-6at\%Pt}$ 合金膜を第1の磁性層に用いたときのみ他に比べて大きな値を示した。すなわち、第1の磁性層に $B$ や $Ta$ を含有する $\text{Co-Cr}$ 合金膜を用いた反強磁性結合媒体の $S_{lf}/N_d$ は、第1の磁性層に $\text{Co-19at\%Cr-6at\%Pt}$ 合金膜を用いた反強磁性結合媒体の $S_{lf}/N_d$ に比べて小さく、その間には明確な差が見られた。 $B$ や $Ta$ を $\text{Co-Cr-Pt}$ 系磁性膜に添加する

ことにより、 $Cr$ 元素の粒界偏析が促進され、あるいは結晶粒が小さくなって、一般には媒体の $S_{lf}/N_d$ が向上すると考えられている。しかしながら、本実施例のような反強磁性結合媒体においては第1の磁性層に $B$ や $Ta$ を添加しないほうがより良い $S_{lf}/N_d$ が得られる。なお、表1に記載のサンプルに関して結晶配向性をX線回折法により調べたところ、いずれのサンプルについても磁性層あるいは非磁性中間層の六方最密構造の $(11.0)$ 配向に対応する回折ピークが観測された。X線回折ピークの強度にもサンプル間でほとんど差が認められず、いずれのサンプルの磁性層についても同等の良好な $(11.0)$ 配向であることを確認した。また、 $Ni-Ta$ 合金膜については $30\text{nm}$ の厚さがあるにもかかわらず回折ピークが全く観測されなかったことから、非晶質構造あるいは微結晶構造であると判断される。

<実施例2> 第1の磁性層13及び13'として $\text{Co-20at\%Cr-4at\%Pt}$ 合金膜(サンプル番号6103A~6108A)、 $\text{Co-14at\%Cr-5at\%Pt}$ 合金膜(サンプル番号7203A~7208A)、あるいは $\text{Co-16at\%Cr-8at\%Pt}$ 合金膜(サンプル番号5503A~5508A)を形成した以外は上記実施例1と同じ膜構成と成膜条件で磁気記録媒体を作製した。下地層12及び12'も上記実施例1と同じ膜厚 $5\text{nm}$ の $\text{Cr-20at\%Ti}$ 合金を用いた。第1の磁性層の膜厚 $t_{mag1}$ 及び第2の磁性層の膜厚 $t_{mag2}$ は表2に示すように設定した。

<比較例3> 第1の磁性層13及び13'として $\text{Co-20at\%Cr-2at\%Pt}$ 合金膜(サンプル番号6203A~6208A)、 $\text{Co-16at\%Cr-10at\%Pt}$ 合金膜(サンプル番号6303A~6308A)、あるいは $\text{Co-19at\%Cr-12at\%Pt}$ 合金膜(サンプル番号6403A~6408A)を形成した以外は上記実施例1及び上記実施例2と同じ膜構成及び成膜条件で作製した磁気記録媒体を比較例3とした。各サンプルの第1の磁性層の膜厚 $t_{mag1}$ と第2の磁性層の膜厚 $t_{mag2}$ は表2に示す。

【0007】

【表2】

表2

第1の磁性層の組成	サンプル 番号	t <sub>mag1</sub> (nm)	t <sub>mag2</sub> (nm)	B <sub>rt</sub> (T·nm)	H <sub>cr</sub> (kA/m)	Hex (kA/m)	S <sub>mf</sub> /S <sub>if</sub> (%)	S <sub>if</sub> /N <sub>d</sub> (dB)
Co-20at%Cr-4at%Pt	6103A	5.0	14.5	3.84	345	-38	51.8	24.4
	6104A	3.0	14.5	4.53	326	-64	50.1	24.2
	6106A	4.0	16.0	4.63	353	-50	50.2	24.1
	6107A	4.0	14.5	4.15	343	-49	50.9	24.3
	6108A	4.0	13.0	3.68	335	-51	50.9	24.4
Co-14at%Cr-5at%Pt	7203A	3.8	14.5	3.70	337	-34	51.0	24.7
	7204A	2.7	14.5	4.20	325	-69	50.6	24.4
	7207A	3.3	14.5	3.95	334	-47	50.6	24.6
	7206A	3.3	16.0	4.53	348	-47	50.3	24.3
	7208A	3.3	13.0	3.50	326	-46	51.0	24.7
Co-16at%Cr-8at%Pt	5503A	3.8	14.5	3.82	337	-34	50.7	25.1
	5504A	2.7	14.5	4.32	324	-65	49.4	24.5
	5507A	3.3	14.5	4.12	334	-46	50.4	24.9
	5506A	3.3	16.0	4.56	346	-47	49.8	24.5
	5508A	3.3	13.0	3.60	326	-46	50.7	25.0
Co-20at%Cr-2at%Pt	6203A	5.0	14.5	3.78	297	-34	51.7	23.1
	6204A	3.0	14.5	4.43	308	-60	50.6	23.0
	6206A	4.0	16.0	4.77	305	-47	49.7	22.9
	6207A	4.0	14.5	4.33	298	-44	50.5	23.2
	6208A	4.0	13.0	3.83	288	-43	50.8	23.3
Co-16at%Cr-10at%Pt	6303A	5.0	14.5	3.31	336	-18	52.0	23.2
	6304A	3.0	14.5	4.21	319	-64	51.4	23.1
	6306A	4.0	16.0	4.24	337	-41	49.8	23.3
	6307A	4.0	14.5	3.80	335	-40	50.7	23.3
	6308A	4.0	13.0	3.32	328	-42	51.7	23.3
Co-19at%Cr-12at%Pt	6403A	5.0	14.5	3.95	337	-41	51.4	23.2
	6404A	3.0	14.5	4.40	324	-70	49.5	23.1
	6406A	4.0	16.0	4.30	350	-56	49.8	23.1
	6407A	4.0	14.5	4.12	335	-55	50.5	23.1
	6408A	4.0	13.0	3.60	330	-54	51.3	23.2

【0008】表2に実施例2及び比較例3に記載した媒体の磁気特性および記録再生特性を示す。表2のすべてのサンプルについて結合磁界Hexは負の値を示し、非磁性中間層を挟んだ2つの磁性層の磁化方向が印加磁界ゼロにおいて互いに反平行であることが確認できた。これらのサンプルについて測定した保磁力H<sub>cr</sub>、分解能S<sub>mf</sub>/S<sub>if</sub>及びS<sub>if</sub>/N<sub>d</sub>をB<sub>rt</sub>に対してプロットした結果をそれぞれ図8、図9及び図10に示す。保磁力及び分解能は第1の磁性層の組成に依らずほぼ同等であったが、S<sub>if</sub>/N<sub>d</sub>は第1の磁性層の組成に強く依存することがわかった。第1の磁性層の組成を比較することにより、Co-Cr-Pt合金膜のPt含有量がS<sub>if</sub>/N<sub>d</sub>に影響していることがわかった。そこで、実施例1、実施例2及び比較例3に記載の媒体についてS<sub>if</sub>/N<sub>d</sub>をCo-Cr-Pt合金膜のPt含有量に対してプロットして図11に示す。その結果、Pt含有量によってS<sub>if</sub>/N<sub>d</sub>の値に明確な差が生じ、Pt含有量が3at%~9at%の場合にのみ高いS<sub>if</sub>/N<sub>d</sub>が得られていることがわかった。

<実施例3>第2の磁性層15及び15'としてCo-16at%Cr-14at%Pt-10at%B合金膜（サンプル番号4401B~4409B）、

あるいはCo-20at%Cr-14at%Pt-6at%B合金膜（サンプル番号6601A~6604A）を形成した以外は上記実施例1と同じ膜構成で、また加熱温度以外は上記実施例1と同じ成膜条件で磁気記録媒体を作製した。第1の磁性層13及び13'は上記実施例1と同じCo-19at%Cr-6at%Pt合金膜を形成した。加熱室23におけるランプヒーターによる加熱は、第2の磁性層にCo-16at%Cr-14at%Pt-10at%B合金膜を用いた場合には270℃、Co-20at%Cr-14at%Pt-6at%B合金膜を用いた場合には250℃とした。

<比較例4>第1の磁性層13及び13'と第2の磁性層15及び15'以外は上記比較例1と同じ膜構成及び成膜条件で作製した磁気記録媒体で第1の磁性層をCo-16at%Cr-12at%Pt-8at%B合金膜、第2の磁性層をCo-16at%Cr-14at%Pt-10at%B合金膜とした場合（サンプル番号4001B~4009B）、及び第1の磁性層をCo-18at%Cr-12at%Pt-8at%B合金膜、第2の磁性層をCo-20at%Cr-14at%Pt-6at%B合金膜とした場合（サンプル番号6501A~6504A）を比較例4とした。

【0009】

【表3】



表3

第1の磁性層の組成	サンプル 番号	t <sub>mag1</sub> (nm)	t <sub>mag2</sub> (nm)	B <sub>rt</sub> (T·nm)	H <sub>cr</sub> (kA/m)	H <sub>ex</sub> (kA/m)	S <sub>mf</sub> /S <sub>if</sub> (%)	S <sub>if</sub> /N <sub>d</sub> (dB)
Co-19at%Cr-6at%Pt	4401B	3.9	14.0	3.89	328	-59	51.2	24.3
	4402B	3.3	14.0	4.26	327	-69	49.8	24.3
	4407B	2.7	15.0	4.30	304	-61	49.5	24.3
	4408B	2.7	14.0	4.52	304	-70	49.7	24.3
	4409B	2.7	13.0	3.98	296	-50	50.4	24.2
Co-16at%Cr-12at%Pt-8at%B	4001B	4.6	13.0	3.54	273	-32	50.4	23.1
	4002B	3.0	13.0	4.09	280	-53	50.3	23.6
	4007B	3.8	15.0	4.13	309	-44	48.9	23.5
	4008B	3.8	14.0	3.93	304	-43	48.8	23.4
	4009B	3.8	13.0	3.47	295	-46	51.3	23.5

【0010】

【表4】

表4

第1の磁性層の組成	サンプル 番号	t <sub>mag1</sub> (nm)	t <sub>mag2</sub> (nm)	B <sub>rt</sub> (T·nm)	H <sub>cr</sub> (kA/m)	H <sub>ex</sub> (kA/m)	S <sub>mf</sub> /S <sub>if</sub> (%)	S <sub>if</sub> /N <sub>d</sub> (dB)
Co-19at%Cr-6at%Pt	6601A	3.9	13.2	3.31	305	-61	51.6	24.5
	6602A	3.9	15.0	3.90	330	-63	50.3	24.4
	6603A	3.9	16.6	4.42	333	-63	49.3	24.4
	6604A	3.9	18.2	4.89	332	-57	48.9	24.3
Co-18at%Cr-12at%Pt-8at%B	6501A	3.9	13.2	3.43	316	-53	51.0	23.5
	6502A	3.9	15.0	3.95	332	-55	49.8	23.4
	6503A	3.9	16.6	4.57	337	-53	49.1	23.3
	6504A	3.9	18.2	4.92	333	-49	48.5	23.0

【0011】実施例3及び比較例4に記載した媒体の磁気特性および記録再生特性を、第2の磁性層をCo-16at%Cr-14at%Pt-10at%B合金膜とした場合及びCo-20at%Cr-14at%Pt-6at%B合金膜とした場合に分けてそれぞれ表3及び表4に示す。本実施例においても表3及び表4のすべてのサンプルについて結合磁界H<sub>ex</sub>は負の値を示し、非磁性中間層を挟んだ2つの磁性層の磁化方向が印加磁界ゼロにおいて互いに反平行であることが確認できた。これらのサンプルについて測定したS<sub>if</sub>/N<sub>d</sub>をB<sub>rt</sub>に対してプロットした結果を第2の磁性層をCo-16at%Cr-14at%Pt-10at%B合金膜とした場合及びCo-20at%Cr-14at%Pt-6at%B合金膜とした場合に分けてそれぞれ図12及び図13に示す。図12と図13のどちらの場合も第1の磁性層にCo-19at%Cr-6at%Pt合金膜を用いた場合のS<sub>if</sub>/N<sub>d</sub>はCo-Cr-Pt-B合金膜を用いた場合のS<sub>if</sub>/N<sub>d</sub>より大きな値を示し、これらの間には明確な差が見られた。第2の磁性層の組成に依らず第1の磁性層の組成を適切に選ぶことでS<sub>if</sub>/N<sub>d</sub>を向上させることができた。

<実施例4>Ruからなる非磁性中間層14及び14'の膜厚以外は上記実施例1と同じ膜構成と成膜条件で磁気記録

媒体を作製した。ただし、Co-19at%Cr-6at%Pt合金膜からなる第1の磁性層13及び13'の膜厚は4.3nm、Co-18at%Cr-14at%Pt-8at%B合金膜からなる第2の磁性層15及び15'の膜厚は18.1nmに固定して、Ruからなる非磁性中間層の膜厚t<sub>Ru</sub>のみを0nmから1.2nmまでの範囲で7種類に変化させて媒体を形成した（サンプル番号7106A～7113A）。<比較例5>下地層12及び12'として膜厚5nmのCr-20at%Ti合金膜と膜厚3nmの六方最密構造のCo-40at%Ru合金膜をこの順序で積層した構造を形成し、第1の磁性層13及び13'としてCo-22at%Cr-10at%Pt-4at%B合金膜を形成した以外は上記実施例4と同じ膜構成及び成膜条件で作製した磁気記録媒体を比較例5とした。第1の磁性層の膜厚は4.3nm、Co-18at%Cr-14at%Pt-8at%B合金膜からなる第2の磁性層の膜厚は18.1nmに固定して、Ruからなる非磁性中間層14及び14'の膜厚t<sub>Ru</sub>のみを0nmから1.2nmまでの範囲で7種類に変化させて媒体を形成した（サンプル番号7006A～7013A）。

【0012】

【表5】

表5

第1の磁性層の組成	サンプル 番号	tRu (nm)	Brt (T·nm)	Hcr (kA/m)	Hex (kA/m)	Smf/Sif (%)	Sif/Nd (dB)
Co-19at%Cr-6at%Pt	7108A	0.0	8.39	281	49	35.5	22.2
	7109A	0.2	8.30	290	48	36.3	22.2
	7110A	0.4	3.61	348	-25	50.4	24.3
	7106A	0.5	3.58	355	-27	50.0	24.6
	7111A	0.6	3.57	344	-22	50.8	24.6
	7112A	0.8	3.89	342	-8	48.1	24.7
	7113A	1.2	6.86	308	4	42.7	22.8
Co-22at%Cr-10at%Pt-4at%B	7008A	0.0	8.71	295	26	39.1	22.1
	7009A	0.2	8.59	305	24	39.7	22.2
	7010A	0.4	3.96	347	-28	49.3	23.4
	7006A	0.5	3.89	344	-30	49.3	23.1
	7011A	0.6	3.97	336	-27	49.3	23.4
	7012A	0.8	4.27	326	-8	49.1	23.4
	7013A	1.2	7.09	307	2	43.0	22.5

【0013】実施例4及び比較例5に記載した媒体の磁気特性および記録再生特性を表5に示す。また、表5に示したBrt及びHexを非磁性中間層の膜厚tRuに対してプロットした結果をそれぞれ図14及び図15に示す。非磁性中間層の膜厚tRuが0nm、0.2nmあるいは1.2nmの場合にはBrtの値が大きく、またHexが正の値を示すことから、印加磁界ゼロにおいて非磁性中間層を挟んだ2つの磁性層の磁化方向が互いに反平行ではなく、非磁性中間層の膜厚tRuが0.3nm～0.9nmの場合にはHexが負の値を示すことから、印加磁界ゼロにおいて非磁性中間層を挟んだ2つの磁性層の磁化方向が互いに反平行であると認められる。さらに表5に示したSmf/Sif及びSif/Ndを非磁性中間層の膜厚tRuに対してプロットした結果をそれぞれ図16及び図17に示す。図16に示した分解能Smf/Sifは非磁性中間層を挟んだ2つの磁性層の磁化方向が互いに反平行となる非磁性中間層の膜厚tRuの範囲0.3nm～0.9nmにおいて大きな値を示した。Brtが低下したことにより記録ビット間の反磁界が緩和され急峻な磁化遷移領域が形成された結果と考えられる。この結果は実施例4と比較例5に記載した媒体に関して同じ傾向であった。図17に示したSif/Ndに関しても非磁性中間層の膜厚tRuが0.3nm～0.9nmの場合に大きな値を示したが、実施例4に記載した媒体の場合にその効果がより顕著で、非磁性中間層の膜厚tRuが0.3nm～0.9nm以外の場合には実施例4と比較例5に記載した媒体のSif/

Ndに関する差は認められなかった。すなわち、実施例1に示したような第1の磁性層の組成によってSif/Ndが大幅に向上する効果は、非磁性中間層の膜厚tRuが0.3nm～0.9nmの範囲にあり、非磁性中間層を挟んだ2つの磁性層の磁化方向が互いに反平行である場合に限られる。

<実施例5>下地層12及び12'として膜厚5nmのCr-15at%Ti合金膜（サンプル番号5403A～5409A）、あるいは膜厚10nmのCr-15at%Ti-3at%B合金膜（サンプル番号6904A～6907A）を形成した以外は上記実施例1と同じ膜構成及び成膜条件で磁気記録媒体を作製した。各サンプルの第1の磁性層の膜厚t<sub>mag1</sub>と第2の磁性層の膜厚t<sub>mag2</sub>は表6に示す。

<比較例6>下地層12及び12'として膜厚5nmのCr-20at%Ti合金膜と膜厚3nmの六方最密構造のCo-40at%Ru合金膜をこの順序で積層した構造（サンプル番号3304A～3307A）、膜厚5nmのCr-15at%Ti合金膜と膜厚3nmのCo-16at%Mn合金膜をこの順序で積層した構造（サンプル番号6704A～6707A）、あるいは膜厚5nmのCr膜（サンプル番号6804A～6807A）を形成した以外は上記実施例1と同じ膜構成及び成膜条件で作製した磁気記録媒体を比較例6とした。

【0014】

【表6】

表6

下地層の構成	サンプル 番号	t <sub>mag1</sub> (nm)	t <sub>mag2</sub> (nm)	B <sub>rt</sub> (T·nm)	H <sub>or</sub> (kA/m)	H <sub>ex</sub> (kA/m)	S <sub>mf</sub> /S <sub>if</sub> (%)	S <sub>if</sub> /N <sub>d</sub> (dB)
Cr-15at%Ti	5403A	5.0	14.5	3.55	345	-40	51.9	24.1
	5404A	3.0	14.5	4.53	325	-65	49.9	24.1
	5406A	4.0	16.0	4.44	347	-53	48.9	23.9
	5407A	4.0	14.5	3.78	339	-54	50.8	24.2
	5408A	4.0	13.0	3.44	328	-53	49.5	24.4
	5409A	4.0	11.5	3.21	313	-53	50.0	24.7
Cr-15at%Ti-3at%B	6904A	4.0	13.5	3.51	309	-66	52.5	25.2
	6905A	4.0	16.5	4.33	335	-60	50.6	25.0
	6906A	4.0	18.0	4.99	335	-62	48.6	24.8
	6907A	4.0	20.0	5.69	335	-62	47.2	24.8
Co-40at%Ru / Cr-20at%Ti	3304A	4.3	13.6	2.23	307	-26	54.4	23.0
	3305A	4.3	16.7	3.04	335	-26	51.3	23.3
	3306A	4.3	18.4	3.69	344	-27	49.4	23.0
	3307A	4.3	20.4	4.42	343	-26	48.3	23.0
Cr-16at%Mo / Cr-15at%Ti	6704A	4.0	13.5	2.25	318	-24	54.2	23.1
	6705A	4.0	16.5	3.42	342	-25	51.1	23.1
	6706A	4.0	18.0	3.76	348	-26	49.2	23.0
	6707A	4.0	20.0	4.49	346	-27	47.1	22.7
Cr	6804A	4.0	13.5	3.15	319	-17	53.1	22.7
	6805A	4.0	16.5	4.01	331	-21	50.1	22.6
	6806A	4.0	18.0	4.51	336	-17	48.3	22.6
	6807A	4.0	20.0	5.41	338	-20	49.0	22.5

【0015】実施例5及び比較例6に記載した媒体の磁気特性および記録再生特性を表6に示す。本実施例においても表6のすべてのサンプルについて結合磁界H<sub>ex</sub>は負の値を示し、非磁性中間層を挟んだ2つの磁性層の磁化方向が印加磁界ゼロにおいて互いに反平行であることが確認できた。これらのサンプルについて測定したS<sub>if</sub>/N<sub>d</sub>をB<sub>rt</sub>に対してプロットした結果を図18に示す。S<sub>if</sub>/N<sub>d</sub>の値は下地層の構成によって大幅な差異が認められる。第1の磁性層に隣接する下地層を構成する膜としてCo-40at%Ru合金膜、Co-16at%Mo合金膜、あるいはCr膜を用いた比較例6の場合にはS<sub>if</sub>/N<sub>d</sub>の値は上記実施例1の場合より小さく、本発明の効果が発揮されない。一方、下地層にCr-15at%Ti-3at%B合金膜を用いた場合にはS<sub>if</sub>/N<sub>d</sub>の値は上記実施例1の場合より大きく、下地層を構成するCr-Ti合金膜にBを含有させることは本発明の効果をより強く発揮させるのに有効であった。

＜実施例6＞シード層11及び11'として膜厚30nmのCr-30at%Cr-10at%Zr合金膜を形成した以外は上記実施例1と同じ膜構成及び成膜条件で磁気記録媒体を作製して、分解能S<sub>mf</sub>/S<sub>if</sub>及びS<sub>if</sub>/N<sub>d</sub>を測定した。B<sub>rt</sub>が約3.8T·nmのサンプルに関して上記実施例1と本実施例を比較すると、S<sub>mf</sub>/S<sub>if</sub>は約2%小さく、S<sub>if</sub>/N<sub>d</sub>は約0.3dB小さかった。X線回折法により本実施例に記載のサンプルについて磁性層の結晶配向性を調べたところ、六方最密構造の(11.0)配向が認められたが、上記実施例1に記載のサンプルと比較してX線回折ピークの強度が弱く配向度は低かった。上記実施例1に記載のNi-Ta合金膜をシード層として形成した場合に比べて他の金属膜をシード層に用いた場合には本発明の効果が小さくなり、基板と下地層の間にシード層としてNi-Ta合金膜を形成し、六方最密構造の磁性膜の(11.0)配向を得ることが本発明

の効果を発揮するのに好ましい。シード層11及び11'としてNi-35at%Ta合金膜、あるいはNi-40at%Ta合金膜を形成した以外は上記実施例1と同じ膜構成で、また加熱中に導入する99Ar-1%O<sub>2</sub>混合ガスの圧力以外は上記実施例1と同じ成膜条件で磁気記録媒体を作製した。Ni-35at%Ta合金膜、及びNi-40at%Ta合金膜をシード層に用いた場合については、加熱中に導入する混合ガスの圧力がそれぞれ1.4Paおよび1.1PaとしたときにS<sub>if</sub>/N<sub>d</sub>が最大となる。それぞれの場合にS<sub>if</sub>/N<sub>d</sub>が最大となる混合ガス圧力の条件において、第1の磁性層の合金膜組成を変えて媒体を作製して記録再生特性を比較したところ、上記実施例1と同様に本発明の効果が確認できた。

＜実施例7＞実際に上記の実施例1～6に記載の磁気記録媒体191と、該磁気記録媒体を駆動する駆動部192と、記録部と再生部からなる磁気ヘッド193と、該磁気ヘッドを該磁気記録媒体に対して相対運動させる手段194と、該磁気ヘッドへの信号入力手段と該磁気ヘッドからの出力信号再生を行うための記録再生信号処理手段195とを有する磁気ディスク装置を図19に示すように構成した。上記磁気ヘッドの構造を図20に示す。この磁気ヘッドは基体201の上に形成された記録用の電磁誘導型磁気ヘッドと再生用の磁気抵抗効果型磁気ヘッドを併せ持つ複合型ヘッドである。前記記録用ヘッドはコイル202を挟む上部記録磁極203と下部記録磁極兼上部シールド層204からなり、記録磁極間のギャップ層厚は0.14μmとした。前記再生用ヘッドは磁気抵抗センサ205とその両端の電極パターン206からなり、磁気抵抗センサは下部記録磁極兼上部シールド層204と下部シールド層207で挟まれ、該シールド層間距離は0.09μmである。図21に磁気抵抗センサの断面構造を示す。線記録密度640kBPI (bitperinch)、トラック密度55kTPI (trackperinch) の条件で磁気ヘッドと磁性膜表面との磁気的スペーシングを23nmと

して記録再生特性を評価したところ、いずれの場合も面記録密度が1平方インチ当たり35ギガビットの磁気ディスク装置の記録再生特性仕様を充分満たした。さらに、70℃で100時間放置してもビットエラーレートの劣化は0.5桁以下であった。また、本発明は基板をガラス基板に特定する必要はなく、Ni-PメッキしたAl合金基板、結晶化ガラス基板、あるいはSi基板等の磁気記録媒体用の基板として知られる材料はいずれにおいても効果がある。また、前記再生用ヘッドの磁気抵抗センサを磁気抵抗効果トンネル接合膜で構成した場合についても本発明の効果がある。

#### 【0016】

【発明の効果】本発明の磁気記録媒体は、従来の磁気記録媒体に対して、記録ビットの熱的安定性を維持しながら媒体ノイズを低減する効果を持つ。本発明の磁気記録媒体を用いることにより、高密度な情報の記録再生が可能で信頼性の高い磁気記憶装置の提供が可能である。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の磁気記録媒体の断面構造の一例を示す模式図である。

【図2】本発明の磁気記録媒体を作製するための膜形成装置の一例を示す模式図である。

【図3】本発明の磁気記録媒体を測定して得られた磁化曲線の一例と磁化曲線を第1の磁性層からの寄与と第2の磁性層からの寄与に分離して結合磁界(Hex)及び第2の磁性層の保磁力(Hcr)を求める方法を示す図である。

【図4】本発明の磁気記録媒体を測定して得られた磁化曲線の一例と磁化曲線の1次微分から結合磁界(Hex)及び第2の磁性層の保磁力(Hcr)を求める方法を示す図である。

【図5】本発明の実施例1、比較例1、及び比較例2に記載した磁気記録媒体のBrtとHcrの関係を示す図である。

【図6】本発明の実施例1、比較例1、及び比較例2に記載した磁気記録媒体のBrtとSmf/SIfの関係を示す図である。

【図7】本発明の実施例1、比較例1、及び比較例2に記載した磁気記録媒体のBrtとSIf/Ndの関係を示す図である。

【図8】本発明の実施例2及び比較例3に記載した磁気記録媒体のBrtとHcrの関係を示す図である。

【図9】本発明の実施例2及び比較例3に記載した磁気記録媒体のBrtとSmf/SIfの関係を示す図である。

【図10】本発明の実施例2及び比較例3に記載した磁気記録媒体のBrtとSIf/Ndの関係を示す図である。

【図11】本発明の実施例2及び比較例3に記載した磁気記録媒体について、第1の磁性層を構成するCo-Cr-Pt合金膜のPt含有量とSIf/Ndの関係を示す図である。

【図12】本発明の実施例3及び比較例4に記載した磁気記録媒体の中で、第2の磁性層がCo-16at%Cr-14at%Pt-1

0at%合金膜で構成されている媒体についてBrtとSIf/Ndの関係を示す図である。

【図13】本発明の実施例3及び比較例4に記載した磁気記録媒体の中で、第2の磁性層がCo-20at%Cr-14at%Pt-6at%合金膜で構成されている媒体についてBrtとSIf/Ndの関係を示す図である。

【図14】本発明の実施例4及び比較例5に記載した磁気記録媒体の非磁性中間層膜厚tRuとBrtの関係を示す図である。

【図15】本発明の実施例4及び比較例5に記載した磁気記録媒体の非磁性中間層膜厚tRuとHexの関係を示す図である。

【図16】本発明の実施例4及び比較例5に記載した磁気記録媒体の非磁性中間層膜厚tRuとSmf/SIfの関係を示す図である。

【図17】本発明の実施例4及び比較例5に記載した磁気記録媒体の非磁性中間層膜厚tRuとSIf/Ndの関係を示す図である。

【図18】本発明の実施例5及び比較例6に記載した磁気記録媒体のBrtとSIf/Ndの関係を示す図である。

【図19】本発明の磁気記憶装置の一例を示す模式図である。

【図20】本発明で用いた磁気ヘッドの構造の一例を示す模式図である。

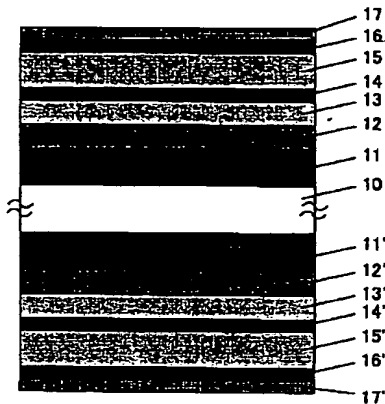
【図21】本発明で用いた磁気抵抗センサの一例を示す断面構造図である。

#### 【符号の説明】

10...基板、11,11'...シード層、12,12'...下地層、13,13'...第1の磁性層、14,14'...非磁性中間層、15,15'...第2の磁性層、16,16'...保護層、17,17'...潤滑層、20...基板、21...仕込み室、22...シード膜形成室、23...加熱室、24...下地膜形成室、25...下地膜形成室、26...磁性膜形成室、27...非磁性中間層形成室、28...磁性膜形成室、29,29'...保護膜形成室、30...取り出し室、31...メインチャンバ、32...磁化曲線、33...磁化曲線32から求めた第1の磁性層の磁化曲線、34...磁化曲線32から求めた第2の磁性層の磁化曲線、40...磁化曲線32について磁化Mを境界Hによって1次微分して求めた曲線、191...磁気記録媒体、192...磁気記録媒体を駆動する駆動部、193...磁気ヘッド、194...磁気ヘッドを磁気記録媒体に対して相対運動させる手段、195...記録再生信号処理手段、196...アンロード時に待避する機構部、201...基体、202...コイル、203...上部記録磁極、204...下部記録磁極兼上部シールド層、205...磁気抵抗センサ、206...電極パターン、207...下部シールド層、210...磁気センサの信号検出領域、211...ギャップ層、212...Taパツファ層、213...第1の磁性膜、214...中間層、215...第2の磁性膜、216...反強磁性膜、217...テーパー部、218...永久磁石層。

【図1】

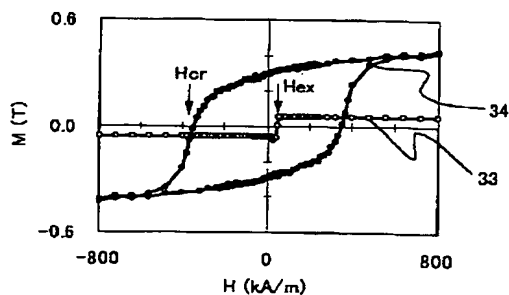
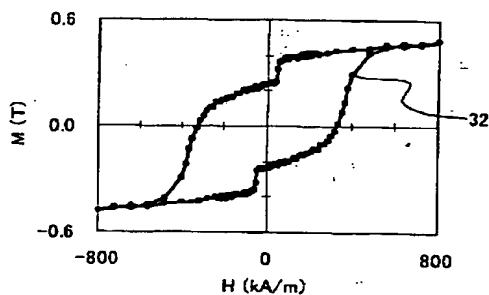
図1



- 10 …… 基板  
11, 11' … シード層  
12, 12' … 下地層  
13, 13' … 第1の磁性層  
14, 14' … 非磁性中間層  
15, 15' … 第2の磁性層  
16, 16' … 保護層  
17, 17' … 潤滑層

【図3】

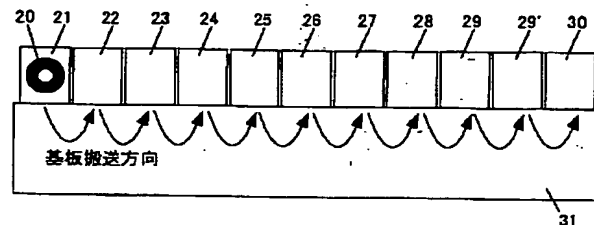
図3



- 32 … 磁化曲線  
33 … 磁化曲線32から求めた第1の磁性層の磁化曲線  
34 … 磁化曲線32から求めた第2の磁性層の磁化曲線

【図2】

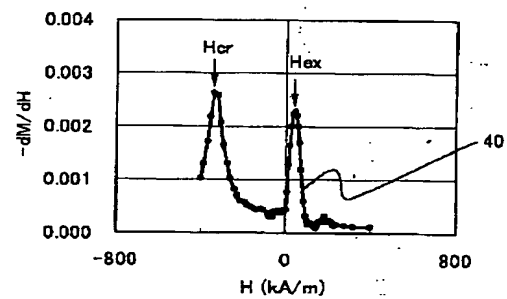
図2



- 20 … 基板  
21 … シード層  
22 … シード層形成室  
23 … 加熱室  
24 … 下地層形成室  
25 … 下地層形成室  
26 … 磁性膜形成室  
27 … 非磁性中間層形成室  
28 … 磁性膜形成室  
29, 29' … 保護膜形成室  
30 … 取り出し室  
31 … メインチャンバ

【図4】

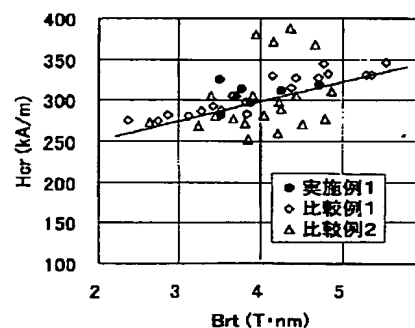
図4



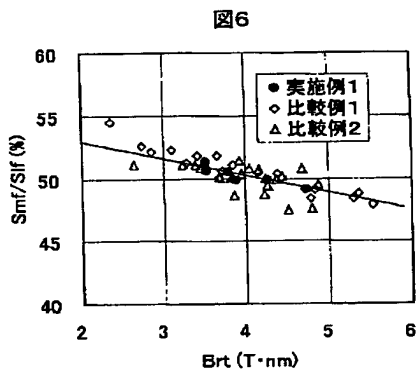
- 40 … 磁化曲線32について磁化Mを磁界Hによって1次微分して求めた曲線

【図5】

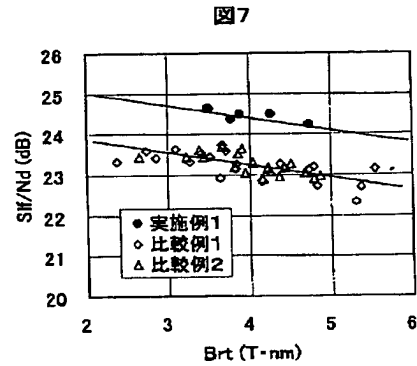
図5



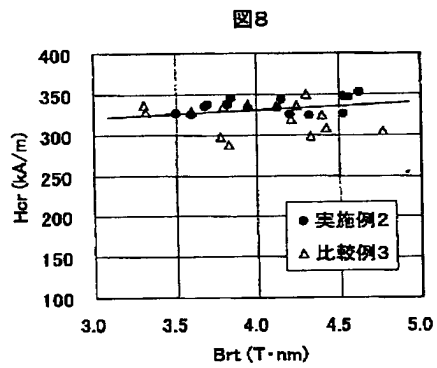
【図6】



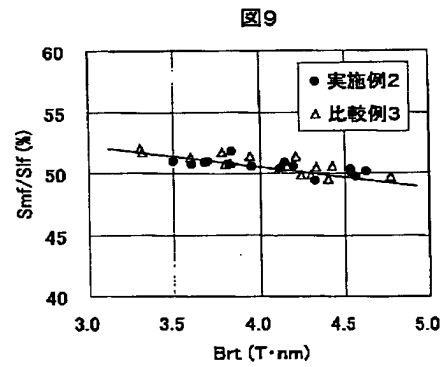
【図7】



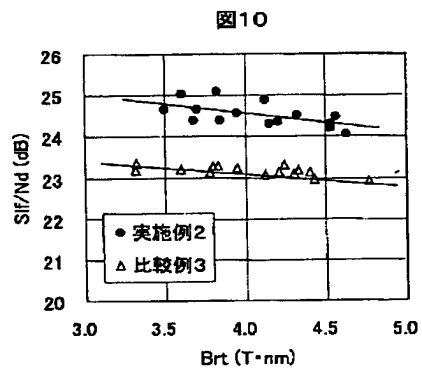
【図8】



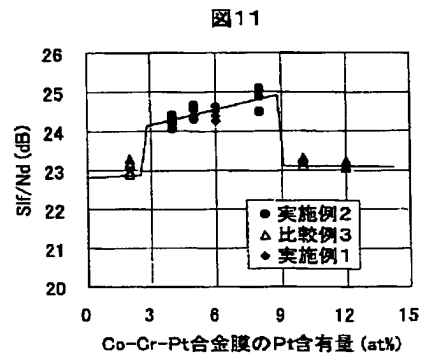
【図9】



【図10】

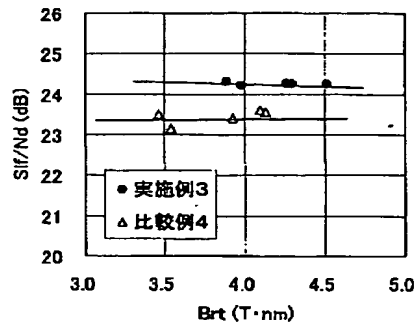


【図11】



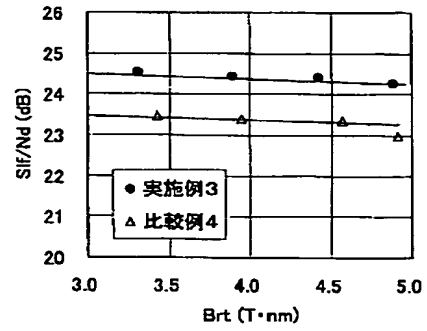
【図12】

図12



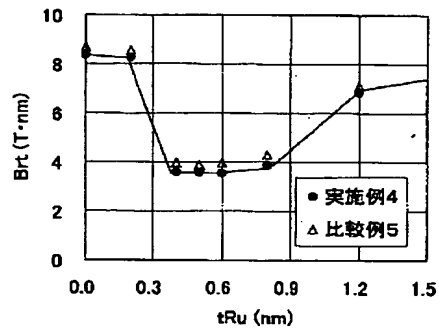
【図13】

図13



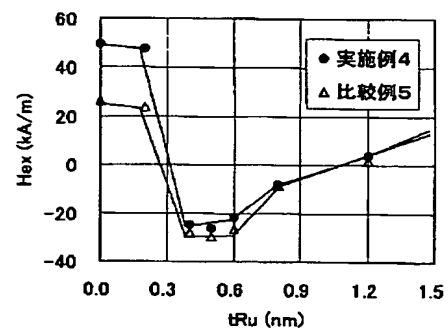
【図14】

図14



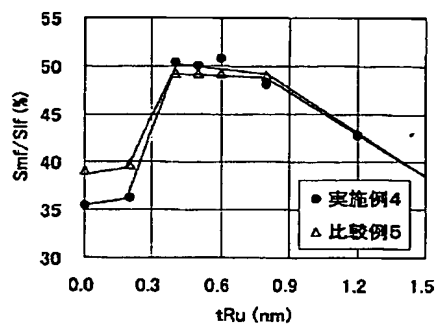
【図15】

図15



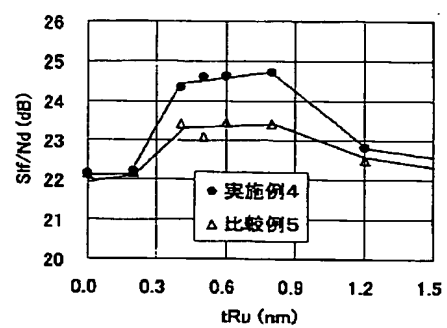
【図16】

図16

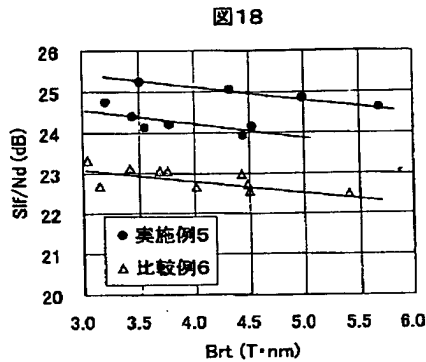


【図17】

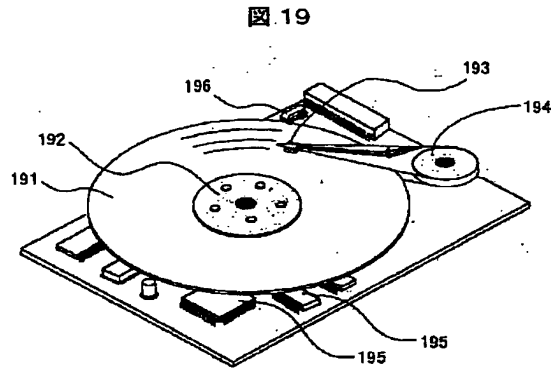
図17



【図18】

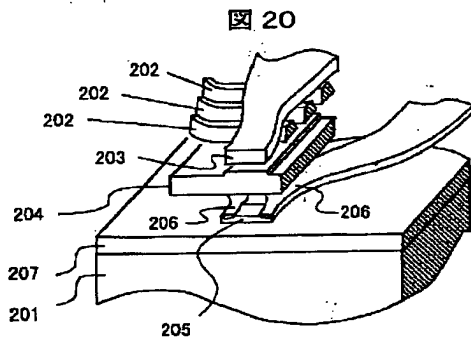


【図19】



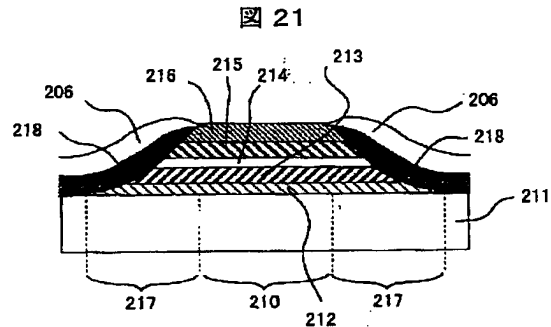
- 191 … 磁気記録媒体  
 192 … 磁気記録媒体を駆動する駆動部  
 193 … 磁気ヘッド  
 194 … 磁気ヘッドを磁気記録媒体に対して相対運動させる手段  
 195 … 記録再生信号処理手段  
 196 … アンロード時に待避する機構部、

【図20】



- 201 … 基体  
 202 … コイル  
 203 … 上部記録磁極  
 204 … 下部記録磁極兼上部シールド層  
 205 … 磁気抵抗センサ  
 206 … 電極パターン  
 207 … 下部シールド層

【図21】



- 210 … 磁気センサの信号検出領域  
 211 … ギャップ層  
 212 … Taバンプ層  
 213 … 第1の磁性膜  
 214 … 中間層  
 215 … 第2の磁性膜  
 216 … 反強磁性膜  
 217 … テーパー部  
 218 … 永久磁石層

フロントページの続き

(72)発明者 片岡 宏之  
 神奈川県小田原市国府津2880番地 株式会  
 社日立製作所ストレージ事業部内  
 (72)発明者 屋久 四男  
 神奈川県小田原市国府津2880番地 株式会  
 社日立製作所ストレージ事業部内

(72)発明者 神邊 哲也  
 神奈川県小田原市国府津2880番地 株式会  
 社日立製作所ストレージ事業部内  
 Fターム(参考) 5D006 BB02 BB07 BB08 CA01 CA05  
 DA03 EA03  
 5E049 AA04 AA07 AC01 BA06 CB02